

Chytrý wattmetr – Měření spotřeby v domácnostech pomocí platformy Arduino

Jan Štěpán

Faculty of Informatics and Management
University of Hradec Kralove,
Hradec Kralove, Czech Republic
jan.stepan.3@uhk.cz

Abstract— Tato práce se zabývá měřením spotřeby elektrické energie v domácnostech. V úvodní kapitole je popsáno, jakým způsobem lze spotřebu měřit a proč je vhodné se v domácnostech zabývat snižováním celkové spotřeby. Dále jsou popsány různé typy wattmetrů neboli přístrojů pro měření spotřeby. Je poukázáno na jejich nedostatky v podobě nemožnosti archivování hodnot a podpory mobilních platform. Nové navržené řešení tyto nedostatky úspěšně eliminuje.

Arduino, Android, měření spotřeby, wattmetr, smart přístup

I. INTRODUCTION/ÚVOD

Tato práce se zabývá měřením spotřeby elektrické energie v domácnostech. Elektrickou energii lze měřit jako příkon spotřebiče. Spotřebičem je myšleno každé zařízení v domácnosti, které k provozu vyžaduje elektřinu (bílá technika, televize, počítač apod.). Příkon je definován[1] jako součin elektrického napětí U a elektrického proudu I .

$$S = UI$$

Výsledná hodnotu má jednotku watt. Tomuto výkonu se říká zdánlivý a skládá se ze dvou složek, činného a jalového výkonu. Činný výkon se spočte dle vzorce

$$P = UI \cos \varphi,$$

kde $\cos \varphi$ je účinnost sítě, což je bezrozměrná veličina, která udává, jak velká část zdánlivého výkonu se přeměňuje na činný výkon. Pokud by povaha elektrických zařízení v domácnostech byla čistě odporového charakteru, rovnala by se hodnota účinnosti k 1. Všechny spotřebiče v domácnostech se odporovému charakteru (na rozdíl od průmyslových strojů) přibližují, a tak se v běžných domácnostech hodnota účinnosti pohybuje okolo hodnoty 0,95. Jednotkou činného výkonu jsou voltampéry (značeno jako VA). Poslední veličinou, kterou lze měřit je výkon jalový.

$$Q = UI \sin \varphi$$

Vztah mezi veličinami je vyjádřen následujícím vzorcem.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Zdánlivý výkon je tedy odmocninou součtu kvadrátů činného a jalového výkonu.

Výkon samotný je veličinou, která je okamžitá dle proudového odběru spotřebiče a neustále se mění. Proto je běžné převádění výkon ve wattech na watthodiny. Jedna watthodina odpovídá práci přístroje s příkonem jednoho wattu po dobu jedné hodiny. Přístroj, který měří příkon spotřebičů, se nazývá wattmetr. Wattmetry měří vždy zdánlivý výkon, proto není hodnota, kterou ukazují absolutně přesná.

Každá domácnost má alespoň jeden wattmetr umístěný v hlavním rozvaděči domu. Měří tedy spotřebu celé domácnosti a poskytovatel elektrické energie (v České republice nejčastěji skupina ČEZ) pravidelně každý rok odečítá jeho hodnotu a podle zvoleného tarifu zasílá fakturu k uhrazení. Samozřejmě je úměra mezi spotřebovanou energií a cenou přímá. V současné době ceny elektřiny stagnují, dokonce i klesají, ale dlouhodobé předpovědi značí, že ceny neustále porostou.

Z tohoto důvodu se velké množství domácností snaží snížit příkon spotřebičů[2], a tak snížit své výdaje. Klasické žárovky jsou nahrazovány LED žárovkami, LCD televizory nahrazují plasmové. Zvyšuje se také efektivita bílé techniky.

Protože údaje udávané výrobcem nejsou vždycky přesné[3] (ať již nižší nebo vyšší), je vhodné si spotřebu ověřovat. Lze tak zjistit, který spotřebič má největší příkon a například začít uvažovat o jeho výměně. Wattmetr poskytovatele energie je k tomuto účelu nevhodný, protože ukazuje součet příkonů všech zařízení v domě. Je tak nemožné jednoduše identifikovat spotřebu jednotlivých zařízení a přístrojů.

Proto se vyrábí spousta wattmetrů[4], které umožňují měřit spotřebu individuálních spotřebičů. Zde ovšem nastává problém. Nabízená zařízení totiž neumožňují dlouhodobě ukládat (logovat) naměřená data a provádět jejich analýzu. Navíc neexistuje wattmetr, který by umožňoval vzdálený přístup skrze webový prohlížeč, nebo mobilní aplikaci běžící na chytrém telefonu. Není tedy možné pohodlně provádět analýzu příkonu spotřebičů.

V dalších částech této práce jsou porovnány wattmetry, které jsou na trhu dostupné k prodeji. Jsou shrnuty jejich přednosti i nedostatky. V následující části je navrženo řešení, které nedostatky úspěšně odstraňuje. Poté je toto řešení implementováno a tento proces je detailně popsán. Dále je implementace důkladně otestována a ověřena. V poslední části jsou shrnuty všechny poznatky a je navrhnut prostor pro další zlepšení.

II. PROBLEM DEFINITION/ DEFINICE PROBLÉMU

Na trhu existuje široká nabídka wattmetrů[5]. Obecně je možné jejich typy rozdělit do následujících kategorií:

- Zásuvkový,
- průmyslový,
- klešťový,
- do rozvaděče.

Zásuvkový wattmetr se připojuje přímo do zásuvek v domě. Měřené zařízení se pak připojuje do zásuvky vyvedené na wattmetru. Jedná se o levné zařízení, které umožňuje sledovat okamžitou spotřebu. Vybrané modely dokáží také ukládat historii spotřeby v krátkodobém intervalu (jednotky dnů).

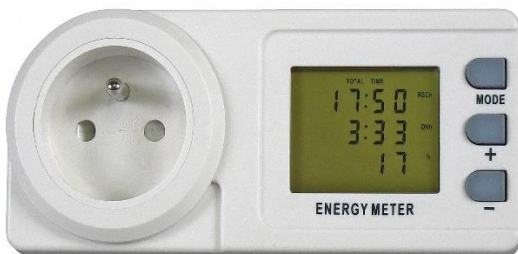


Figure 1 - Zásuvkový wattmetr [5]

Průmyslový wattmetr se dle jeho názvu používá v průmyslovém segmentu trhu. Tyto měřiče dokážou sledovat i logovat naměřená data. K těmto datům je možné přistupovat pomocí určitého rozhraní nebo sběrnice (například Ethernet, Modbus nebo Profibus přes sběrnici RS-485, apod.). Jejich cena je ale velmi vysoká a vyžaduje odbornou obsluhu, a proto je jejich použití v domácnostech nevhodné.



Figure 2 - Průmyslový wattmetr [6]

Posledním typem wattmetrů jsou wattmetry klešťové. Používají se především pro měření v terénu a laboratořích. Lépe vybavené modely mají možnost ukládat hodnoty příkonu a přes USB tyto data prohlížet v počítači. Jsou ale nevhodné pro použití na jednom místě pro dlouhodobý monitoring.



Figure 3 - Klešťový wattmetr [7]

Všechna výše zmíněná řešení ale mají společnou nevýhodu. Není možné provádět dlouhodobé logování naměřených hodnot a následně si je prohlížet a analyzovat. Výjimkou jsou wattmetry průmyslové, které mohou obsahovat rozhraní Ethernet a příkon lze monitorovat skrze speciální aplikaci. Ovšem jejich cena je opravdu vysoká a není možné je použít v domácnostech.

Vyráběné wattmetry také postrádají pokročilé funkce, jako přepočítání spotřeby dle tarifu domácnosti na cenu k uhrazení. Pro orientační měření je vhodné použít zásuvkový wattmetr, ale pokud je nutné měřit zařízení, jehož spotřeba není konstantní (například stolní počítač nebo televize), bylo by vhodnější použít takový wattmetr, který je cenově dostupný a je možné naměřené hodnoty procházet a kontrolovat. Další užitečnou vlastností také může být propojení s chytrými telefony, kde by šlo s naměřenými příkony dále pracovat. Takový wattmetr se ale nevyrábí a je nutné jej navrhnout.

Navrhované řešení by tedy mělo splňovat následující požadavky:

- Dostatečně přesné měření příkonu
- Jednoduchá obsluha
- Ovládací prvky
- Lokální ukládání naměřených hodnot
- Síťové rozhraní
- Co největší proudová zatížitelnost
- Spolehlivost
- Bezpečnost

Dalším požadavkem je mobilní aplikace, která bude komunikovat s wattmetrem a bude umožňovat hlouběji pracovat s naměřenými daty. Celkově je možné shrnout požadavky následovně:

- Podpora platformy Android
- Zobrazení spotřeby v grafech
- Přepočítání na cenu dle tarifu domácnosti
- Notifikace při překročení nastavené spotřeby, případně ceny

III. NEW SOLUTION / NOVÉ ŘEŠENÍ

Následující diagram ukazuje blokové schéma navrhnutého řešení.

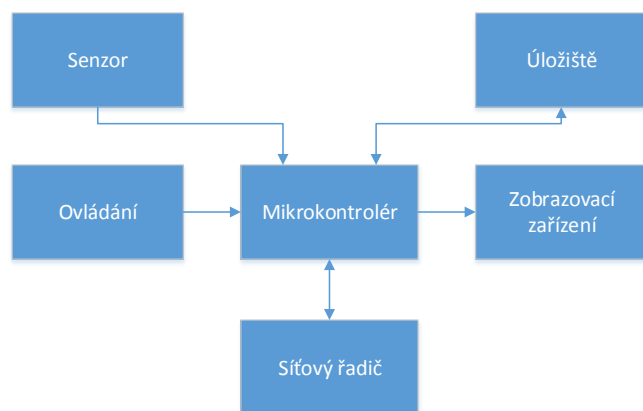


Figure 4 - Diagram navrhnutého řešení [autor]

Centrálním prvkem navrhnutého řešení je mikrokontrolér. Mikrokontrolér na rozdíl od mikroprocesoru neobsahuje pouze procesor, ale také má integrovanou paměť RAM, paměť FLASH pro program a také může mít paměť EEPROM. Aby mohl mikrokontrolér komunikovat s okolím, je vybaven několika digitálními vstupy a výstupy, analogovými vstupy a většinou také obsahuje sběrnice. Existuje velké množství mikrokontrolérů od různých výrobců a různých architektur. Nejčastější je RISC architektura s 8, 16, a nebo 32-bitovými instrukcemi. Výhodou mikrokontrolérů oproti mikroprocesorům je značně nižší spotřeba[8].

Primárním úkolem mikrokontroléru bude číst naměřené údaje ze senzoru, který měří příkon. Tuto činnost bude opakovat přibližně každých pět sekund. Data bude ukládat spolu s časovým údajem na úložiště. Dále bude k mikrokontroléru připojen ovládací prvek pro prvotní nastavení komunikace, případně pro čtení hodnot skrze zobrazovací zařízení. Posledním blokem navrhnutého wattmetru je síťový radič zprostředkávající komunikaci s okolím.

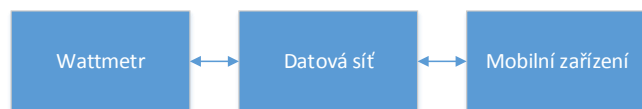


Figure 5 - Komunikace navrženého řešení [autor]

Jak je z výše uvedeného diagramu vidět, ke komunikaci s mobilním zařízením je nutné využít datovou síť. V dnešní době je nepopulárnější kabelové připojení přes Ethernet, případně bezdrátové připojení přes WiFi.

Jako mikrokontrolér, který bude vše řídit, byl zvolen model ATmega2560 od společnosti ATMEL[9]. Jedná se o osmibitový mikrokontrolér s architekturou RISC. Obsahuje

256 kilobajtů paměti FLASH, 8 kilobajtů paměti RAM a 4 kilobajty paměti EEPROM. Pracuje s taktem 16Mhz a je možné využít až 86 vstupů/výstupů. Protože se jedná o SMD součástku, se kterou je problematické při vývoji prototypu pracovat, využívá se vývojová deska Arduino Mega 2560.

Arduino je prototypovací deska, která výrazně urychluje vývoj elektronických projektů. Součástí projektu Arduino je také vývojové prostředí a kompilátor. Výhodou je existence tisíců odladěných knihoven podporujících většinu komerčně dostupných součástek. Základní verze Arduino Uno [10] nebyla zvolena z důvodu zabudovaného mikrokontroléru. Tím je ATmega328, který obsahuje pouze 32 kilobajtů FLASH paměti a 2 kilobajty paměti RAM. Tyto hodnoty jsou pro jednoduché projekty naprosto dostačující, ale v tomto případě by bylo velmi obtížné všechny požadované vlastnosti realizovat. Proto byla zvolena deska Mega 2560, která obsahuje paměti více.



Figure 6 - Vývojová deska Arduino Mega 2560 [9]

Senzorem použitým pro měření spotřeby byla zvolena hallova sonda ACS712[11]. Používá hallův jev[12] pro měření průtoku elektrického proudu. Není tedy měřen přímo výkon, protože takové zapojení je velice nákladné a komplikované[13][14]. Efektivní napětí v síti v české republice je 230V s maximální přípustnou odchylkou -10% +6%. Pokud tedy měříme pouze proud, který budeme násobit konstantou 230, dostaneme se k maximální odchylce spotřeby 16%. Takové odchylky měření běžně dosahují i levné komerčně dostupné wattmetry. Výhodou senzoru ACS712 je maximální proud 20A, který skrze něj může protékat. Je tedy možné měřit výkon až do hodnoty 4600 wattů.

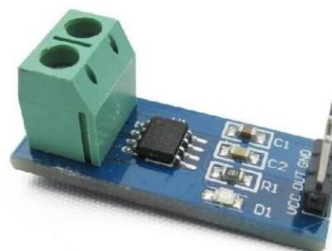


Figure 7 - Hallova sonda ACS712 [11]

Aby mohl wattmetr komunikovat s mobilní platformou, využívá ethernetový řadič Wiznet W5100[15], respektive rozšiřující vývojovou desku pro Arduino, na které je tento řadič použit. Řadič podporuje hardwarově protokoly TCP/IP i UDP. Je možné využít DHCP protokol pro automatické nastavení adresy, nebo IP adresu nastavit ručně. V tomto řadiči je také implementován slot na paměťové karty MicroSD s podporou souborového systému FAT a FAT32. Maximální podporovaná kapacita karet je 16GB. To zaručuje dostatečné úložiště pro naměřené hodnoty. Aby k naměřeným hodnotám byl přiřazen korektní čas, je využit přesný čas z NTP serveru.

Pro ovládání wattmetru byla zvolena maticová klávesnice 4x4. Obsahuje numerické znaky, dále znaky A,B,C,D,* a #. Pomocí klávesnice bude možné konfigurovat nastavení IP adresy a prohlížet naměřené hodnoty.

K zobrazování informací na wattmetru je využit znakový displej, který má 20 znaků a dva řádky. Na displeji se bude zobrazovat informace o aktuální spotřebě, případně se výstup upraví podle ovládání uživatele.

Protože wattmetr využívá kabelové Ethernet rozhraní (existuje i vývojová deska s WiFi řadičem, má ale horší podporu knihoven a její cena je podstatně vyšší), a většina zařízení na platformě Android kabelový ethernet neobsahuje, bude wattmetr připojen kabelem do bezdrátového routeru.

Aplikace pro Android se tak přes WiFi síť bude dotazovat wattmetru jednoduchými TCP pakety. Součástí paketu bude počáteční čas naměřených hodnot a koncový čas. Wattmetr pak na dotaz vrátí požadované naměřené hodnoty. V aplikaci bude implementována servisní třída, která zajistí automatické stahování dat. Naměřené hodnoty bude možné procházet buď textově, nebo si je vykreslit v grafu. Také bude možné nastavit notifikace při překročení buď prahu spotřeby za definovaný čas, nebo určité ceny dle tarifu.

IV. IMPLEMENTATION / IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ

Prototyp nového řešení byl vytvářen na nepájivém kontaktním poli. K vývojové desce Arduino byl připojen ethernetový řadič Wiznet W5100. Tento řadič je realizován jako hotový modul, který se připojuje skrze společné piny k Arduino. Obsahuje také řadič pro paměťové karty SD a SDHC. Při vývoji byla použita SD karta s kapacitou 1GB se souborovým systémem FAT32.

Na schématickém zapojení je znázorněno připojení dalších součástek k Arduino. Na pinu 16, nastaveném jako výstupní, je přes PNP tranzistor BC557C připojen piezoreproduktor, který slouží pro varovný signál v případě překročení uživatelem nastavitelné hodnoty spotřeby (prahu0. Tranzistor je použit, aby nebyl překročen maximální dovolený proudový odběr pinu. Na pinu 19 je přes druhý hardwarový UART připojen modul s klávesnicí. Ten bude v další části článku samostatně popsán. Další komponentou je hallova sonda ACS712, která je připojena na prvním analogovém vstupu A0. Jedná se o hotovou desku se zabudovanou ochranou a pěti piny. Dva jsou vyvedeny skrze svorkovnici a protéká přes ně měřený

proud. Zbýlé tři jsou napájecí vstup na +5V, zem a výstup, na kterém se mění napětí v rozsahu 0 – 5V v závislosti na protékajícím proudu. Posledním modulem je znakový LCD displej 20x2 s řadičem Hitachi HD44780. Je použita verze s paralelní komunikací, namísto novější verze s rozhráním I2C. Paralelní rozhraní je použito z důvodu nižší režie na hardware při obsluze displeje. Displej je připojen na pinech 40 až 45, a také ke dvěma potenciometrům. První je připojen k pinu Vo a slouží ke změně kontrastu displeje, a druhý reguluje napětí mezi anodou a katodou podsvětlení.

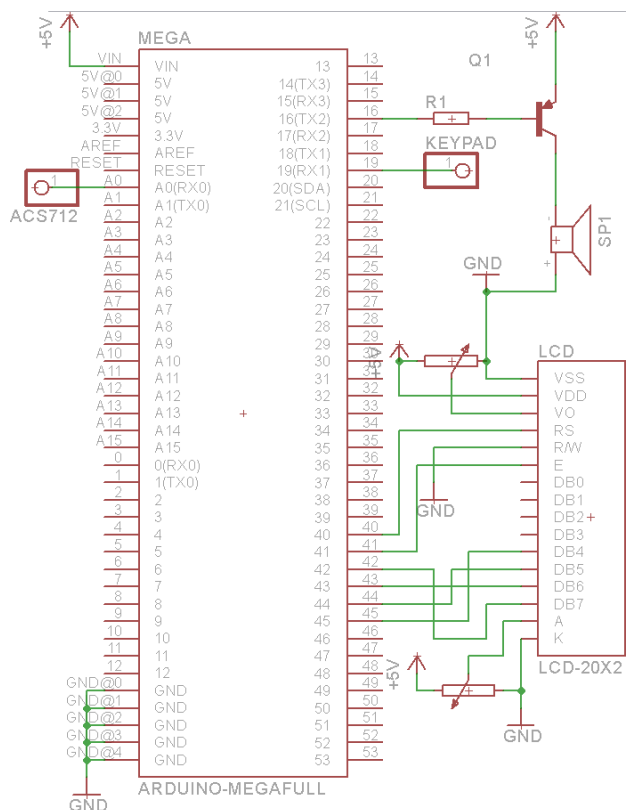


Figure 8- Schéma zapojení wattmetru [autor]

Protože byla pro přímou obsluhu wattmetru zvolena maticová klávesnice 4x4, bylo nutné při implementaci použít sekundární mikrokontrolér. Obsluha maticové klávesnice musí probíhat v nekonečné smyčce, kdy se postupně jednotlivé řádky matice nastavují na logickou úroveň 1. Poté je zjištěn stav na jednotlivých sloupcích. Pokud je na některém také logická úroveň jedna, je podle konkrétní pozice zaznamenán stisk klávesy. Protože ale Arduino potřebuje komunikovat s LCD displejem, ethernetovým rozhráním a SD kartou, nedokázalo by pokaždé zachytit stisk klávesy.

Klávesnice je proto připojena k mikrokontroléru PIC16F690, který je vybaven 18 vstupně výstupními piny, 4KB paměti FLASH a 256 bajty paměti RAM. Běží v něm jednoduchý kód v jazyce C (kompilovaný ve vývojovém prostředí MikroC), který provádí výše zmíněný algoritmus a

při detekci stisku klávesy pošle kód před rozhraní UART směrem k Arduino.

Arduino obsahuje hardwarový buffer, který se pravidelně kontroluje a pokud obsahuje kód klávesy, je provedena příslušná akce. Mezi stiskem klávesy a reakcí mohou nastat prodlevy v případě že Arduino provádí nepřerušitelný kód. Tyto prodlevy ale jsou pouze v řádech maximálně desítek milisekund a výrazně se neprojevují.

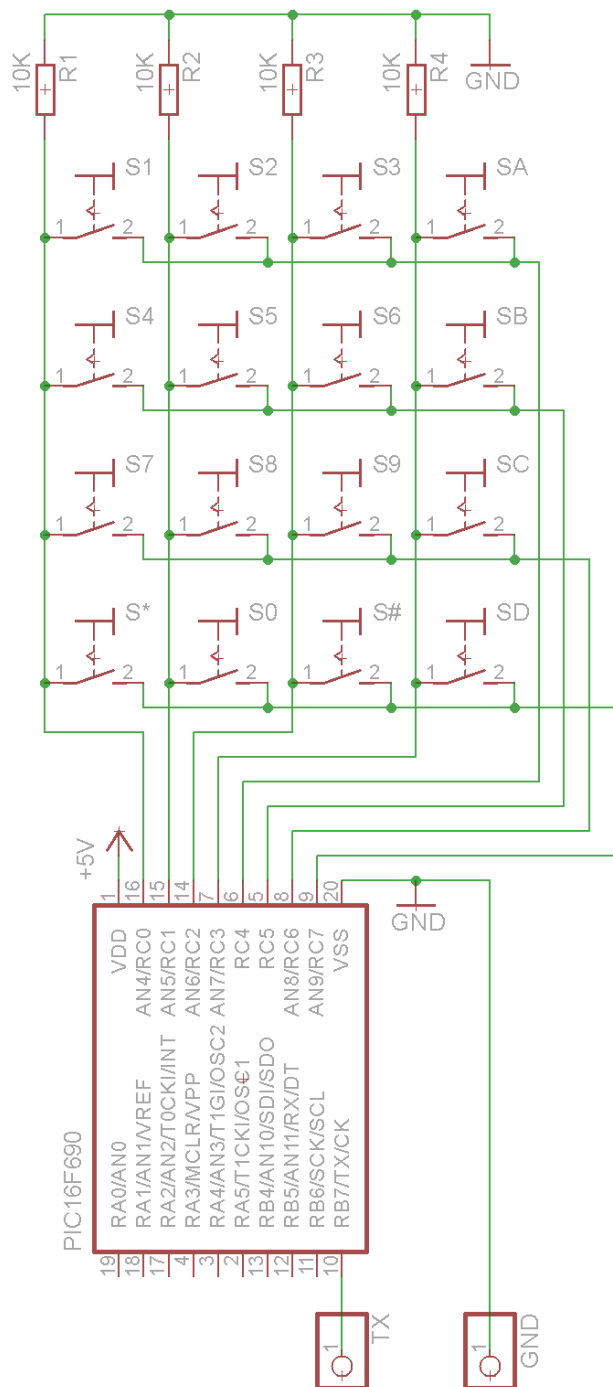


Figure 9 - Schéma zapojení klávesnice [autor]

Při vývoji je Arduino nejčastěji napájeno pomocí USB kabelu, který zároveň slouží k nahrávání programu a ladění. Pro finální produkt je ale napájení USB konektorem nevhodné. Z tohoto důvodu byl navržen napájecí zdroj, který pracuje od napětí 7V až po 24V. Výstupní napětí je stabilizovaných 5V. Díky tomu je možné wattmetr napájet téměř libovolným síťovým adaptérem. Zároveň je tím veškerá elektronika přímo oddělena od síťového napětí 230V.

Nevýhodou tohoto přístupu je právě nutnost použít externí adaptér, který má sám určitou spotřebu. U moderních spínaných zdrojů je ale účinnost velmi vysoká, přes 80%. Příkon samotného zařízení navíc nepřesáhne stovky miliampér, a proto se jedná o zanedbatelný údaj.

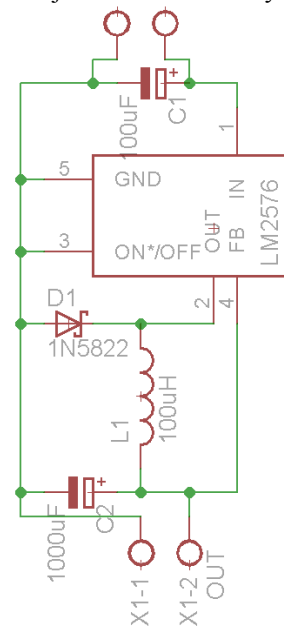


Figure 10 - Schéma zapojení napájecího zdroje [autor]

Zdrojový kód byl vytvářen ve vývojovém prostředí Arduino IDE 1.0.6. Jazyk, který se využívá k programování je zjednodušenou variantu jazyka C. Každý program pro Arduino musí obsahovat dvě metody. První je setup, ve které jsou nastaveny počáteční hodnoty a druhá loop, což je nekonečná smyčka programové logiky.

Metoda setup se skládá z několika dalších volání metod. Nejprve je zavolána metoda lcdInit pro nastavení LCD displeje. Dále je nastaven sériový port UART pro komunikaci s klávesnicí. Následně je z paměti EEPROM načten typ konfigurace ethernetu. Může být nastaven na automatickou konfiguraci z DHCP serveru, nebo staticky. Při statickém nastavení se z paměti EEPROM načte dále IP adresa, maska sítě, brána a adresa DNS serveru. Také je z EEPROM paměti načtena hodnota prahové spotřeby. Dalším krokem je inicializace ethernetu a paměťové karty metodami initializeSDCard a initializeEthernet. Pokud by nešlo inicializovat ethernet podle uložené konfigurace, je na LCD displeji zobrazena chybová hláška a konfigurační dialog pro nové nastavení.

Po úspěšné konfiguraci ethernetu, je na zvolené IP adrese a TCP portu 3300 vytvořen serverový socket, který odpovídá na požadavky mobilní aplikace. Dále je vytvořeno spojení s NTP serverem, ze kterého se získává přesný čas. Poté se přechází do metody loop.

V metodě loop se v nekonečné smyčce inkrementuje proměnná count a při dosažení hodnoty 8000 je zavolána metoda sendNTPpacket, které pošle paket směrem k NTP serveru. Při hodnotě 10000 (přibližně odpovídá času 12s) count vynulováno a jsou postupně volány metody updateTime, saveData, treshold a redraw. Metoda updateTime aktualizuje čas dle odpovědi od NTP serveru. Metoda saveData čte hodnotu proudu z hallové sondy, přepočítá ji na elektrický příkon a uloží na SD kartu ve formátu:

17:39:47 04-01-2015 337

První údaj je čas, druhý datum a poslední hodnota příkonu měřeného zařízení nebo spotřebiče. Aby paměťová karta neobsahovala pouze jeden velký soubor, je vytvářen nový soubor každou započatou hodinu měření. V názvu souboru je uvedena hodina a datum. Tento přístup také usnadňuje následné čtení a vyhledávání dat. Metoda treshold porovnává naměřenou spotřebu s uživatelsky nastavitelným prahem. Při překročení prahu je provedeno krátké pípnutí z piezoreproduktoru. Poslední metoda redraw vymaže obsah LCD displeje a přepíše jej informací o prahové hodnotě, aktuální spotřebě a času. Dále se ve smyčce kontroluje stisk klávesy a dle znaku je na LCD displeji zobrazeno nastavení. Přímou na wattmetru je možné změnit nastavení konfigurace ethernetu, případně prahu spotřeby.

Poslední metodou je checkEthernet, kde se zjišťuje příchod paketu od Android aplikace. V paketu jsou informace o dni a hodině, ke které je třeba zaslat naměřené údaje z SD karty.

Druhou částí wattmetru je aplikace pro mobilní platformu Android. Byla vytvářena s cílovým API verze 14. Podporuje tedy Android od verze 4.0. Využívá jedinou aktivitu složenou z fragmentů. Pro navigaci v aplikaci je použita boční lišta dle návrhového vzoru Navigation Drawer, která je u mobilních telefonů skryta a vyvolává se gestem (stejně jako například aplikace Gmail) a u tabletů vždy rozbalena. Aplikace obsahuje v navigačním panelu položky pro zobrazení grafů, textové zobrazení, cenové kalkulace a nastavení. Tyto fragmenty jsou reprezentovány třídami GraphFragment, TextFragment, PriceFragments a SettingsFrament. Pro získávání dat z wattmetru je nutné v nastavení přidat IP adresu wattmetru. Poté se spustí vlákno ve třídě TCPclient, které se periodicky dotazuje wattmetru na naměřené hodnoty a ukládá je do integrované SQLite databáze.

V. TESTING OF DEVELOPED APPLICATION / TESTOVÁNÍ VYVÍNUTÉ APLIKACE – ŘEŠENÍ

Hardware a program Arduino byl testován z následujících hledisek:

- Spotřeba samotného wattmetru
- Přesnost měření spotřeby

• Stabilita programu

Spotřeba wattmetru byla měřena laboratorním multimetrem DIGITEK DT3800 na vstupu napájecího zdroje 7 – 24V, který napětí stabilizuje na 5V a napájí hardware. Napájecí zdroj byl připojen k 9V síťovému adaptéru s účinností 80%. Změřený proud je při vypnutém podsvícení LCD displeje ustálen na 220 mA a při plném podsvícení na 250 mA. Vzhledem k účinnosti zdroje je tedy vlastní příkon wattmetru 1,375 wattů, resp. 1,5625 wattů. Průměrná cena za kilowatt hodinu v České republice je 4,80 Kč. Celoroční provoz wattmetru tedy vyjde v průměru na 58, resp. 66 Kč. Výrobci komerčně vyráběných wattmetrů vlastní spotřeby neuvádějí, ale lze předpokládat, že jejich spotřeba je obdobná. Provoz wattmetru tedy není finančně náročný.

Z důvodu bezpečnosti a obtížnosti nebyla přesnost měření wattmetru testována při síťovém napětí, ale při bezpečném stejnosměrném napětí 12V z tvrdého laboratorního zdroje MERA EZP-04-05. V kódu programu byla pro tento účel upravena konstanta pro násobení naměřeného proudu z 230 na 12. Měřena byla spotřeba klasických vláknových žárovek různého udávaného příkonu. Hodnoty jsou porovnávány s výše zmíněným multimetrem. Nejprve byl naměřen proud protékající skrze žárovku a poté napětí na žárovce. Hodnoty byly vynásobeny mezi sebou. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce:

Udávaná spotřeba	DT3800	Nové řešení	Odchylka
6 W	5,76 W	7,11 W	1,23
12 W	12,48 W	11,88 W	0,95
50 W	52,4 W	55,2 W	1,05
100 W	98,5 W	105,72 W	1,07

Figure 11 - Naměřené spotřeby [autor]

Z naměřených hodnot vyplývá nejvyšší naměřená odchylka 23%. Se stoupajícím příkonem má odchylka tendenci klesat a ustálí se. Za předpokladu, že síťové napětí v domácnostech není příliš nízké nebo vysoké, budou naměřené hodnoty odpovídat výsledkům z komerčních wattmetrů.

Posledním testovaným hlediskem wattmetru byla spolehlivost. Místo hallové sondy byl k analogovému vstupu Arduino připojen krátký neuzemněný vodič. Na něm se indukuje signálový šum neboli náhodné hodnoty. Ty byly ukládány na paměťovou kartu místo spotřeby. Také bylo přes sériový port monitorováno obsazení paměti RAM. Wattmetr byl testován nepřetržitě 7 dní. Ukázalo se, že volná paměť se nemění a je na hodnotě 5950 bajtů. Program tedy neobsahuje žádné metody, které by mohly paměť vyčerpat a způsobit pád. Dále byly prověřeny soubory na paměťové kartě. Žádný z nich nebyl poškozen ani neobsahoval špatně uložené údaje. Velikost souboru s daty je v průměru 8KB. Soubory jsou vytvářeny každou hodinu. Za jeden den tedy na kartě zabráno

přibližně 192KB. Na paměťové kartě s kapacitou 1GB je tedy možnost archivovat data po dobu až několika let.

Aplikace pro Android byla také otestována z hlediska stability a výkonu. Během sedmi dnů, kdy wattmetr měřil testovací data, bylo přes aplikaci několikrát měněno nastavení cen a prahu. Nebyl zaznamenán jediný pád aplikace ani prodlevy při načítání nových dat z wattmetru. Aplikace je dostatečně rychlá a responzivní i na podprůměrně výkonném telefonu s jednojádrovým procesorem a s 512MB operační pamětí.

VI. CONCLUSIONS / ZÁVĚRY

V tomto článku je navrženo nové zařízení určené k monitorování a měření spotřeby v domácnostech. Nejdříve jsou popsány teoretické principy měření spotřeby. Dále jsou kategorizovány na trhu se vyskytující wattmetry. Je zjištěno, že žádný z nich vyjma drahých průmyslových neobsahuje funkce pro podrobné ukládání a monitoring spotřeby.

Nově navržené řešení se snaží tyto nedostatky eliminovat. Tento návrh nového wattmetru je implementován na populární vývojové platformě Arduino Mega. Dále je implementována aplikace pro mobilní platformu Android. Celé řešení je otestováno z hlediska stability, provozních nákladů a přesnosti měření. Z výsledků je patrné že všechny parametry odpovídají dostupným komerčním řešením.

Nové řešení je možné do budoucna rozšiřovat mnoha směry, například přidáním podpory dalších mobilních platforem, navrženém plošného spoje pro finální výrobek nebo zlepšením postupu pro měření spotřeby.

REFERENCES / REFERENCE

- [1] HAVLÍČEK, Václav, Martin POKORNÝ a Ivan ZEMÁNEK. Elektrické obvody 1. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005, 289 s. ISBN 80-010-3299-X.
- [2] Rajasekharan,J.,Koivunen,V.,Optimal Energy Consumption Model for Smart Grid Households With Energy Storage In IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING,1932-4553,2014
- [3] Kar,S.,Hug,G.,Mohammadi,J.,Distributed State Estimation and Energy Management in Smart Grids: A Consensus plus Innovations

- Approach In IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING,1932-4553,2014
- [4] Djokic,B.,So,E.,A High-Resolution Hybrid Digital Wattmeter for Measurements at High Voltage In 2008 IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, VOLS 1-5,978-1-4244-1540-3,2008,10.1109/IMTC.2008.4547353
- [5] Wattmeter. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wattmeter>
- [6] Siemens: Multifunkční měřicí přístroj SENTRON PAC4200. In: [online]. 2014. vyd. [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://stest1.etmetera.cz/ad/current/?ctxnh=f6f7dde875&ctxp=home>
- [7] Wattmetr digitální klešťový: CEM DT-3352. GM ELECTRONIC. [online]. 2014 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/wattmetr-digitalni-klestovy-cem-dt-3352-p722-433>
- [8] Cataliotti,A.,Cosentino,V.,Di Cara,D.,A PC-based Wattmeter for High Accuracy Power Measurements In 2010 IEEE INTERNATIONAL INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE I2MTC 2010, PROCEEDINGS,978-1-4244-2833-5,2010
- [9] Arduino: Arduino Mega 2560. [online]. 2013 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- [10] Arduino: Arduino Uno. [online]. 2013 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- [11] Allegro MicroSystems: ACS712: Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor. ALLEGRO MICROSYSTEMS. [online]. 2014 [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS712.aspx>
- [12] Hall effect. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect
- [13] Fransiska, R. W.,Septia, E. M. P.:Electrical Power Measurement Using Arduino Uno Microcontroller and LabVIEW In PROCEEDINGS OF 2013 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON INSTRUMENTATION, COMMUNICATIONS, INFORMATION TECHNOLOGY, AND BIOMEDICAL ENGINEERING, 978-1-4799-1649-8,2013
- [14] Li, HR.,Pang,LJ.,Zhang,XF.,Deng,G.,The Application of FPGA and DSP Techniques in Intelligent Wattmeter In ADVANCED MANUFACTURING SYSTEMS, PTS 1-3,978-3-03785-039-8,2011
- [15] Arduino: Arduino Ethernet Shield. [online]. 2013 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>